

УДК 621.311

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ КРИТЕРИЕВ В ЗАДАЧАХ  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ****Миронова И. С., Мирсаитов И. И., Хафизов А. М.,****научный руководитель д-р техн. наук, проф. Баширов М. Г.*****Филиал ФГБОУ ВПО Уфимский государственный нефтяной технический  
университет***

Устойчивость технологических процессов добычи, транспорта и переработки нефти и газа во многом зависит от надежности работы нефтегазового оборудования. На предприятиях нефтегазовых производств, ввиду высокой опасности обращающихся в технологических циклах веществ, отказ нефтегазового оборудования может привести к созданию аварийных ситуаций, сопровождающихся значительным экономическим и экологическим ущербом. По данным Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору основную опасность для предприятий нефтегазовой отрасли представляют пожары – 58,5 % общего числа опасных ситуаций, загазованность – 17,9 % и взрывы – 15,1 %. Учитывая техническое состояние эксплуатируемого оборудования и то, что средний срок амортизации оборудования достигает 80 %, можно прогнозировать в ближайшие годы возможный рост аварий на предприятиях нефтегазовой отрасли страны. По данным МЧС России около 20 % пожаров в стране происходят по электротехническим причинам, включая возникшие при перерывах электроснабжения и аварийных ситуациях на промышленных предприятиях. Нарушение правил устройства и эксплуатации электрооборудования служит причиной каждого пятого пожара (порядка 50 тысяч пожаров в год), число погибших составляет примерно 3 тыс. человек в год. Доля ущерба от пожаров по электротехническим причинам выросла с 21,8 % в 2004 г. до 31,5 % в 2006 г., за 2007 г. составила 25 %; за 2008 г. – 33,3 %; а за 2009 г. – около 21,7 %. Значительным является доля пожаров и аварий, возникших по электротехническим причинам, и на предприятиях нефтегазовой отрасли. Основной причиной этого является моральный и физический износ электрооборудования и электрических сетей. Общий износ электрооборудования составляет порядка 30 – 40 %. Уровень аварий в нефтегазовой отрасли высок не только в России, но и во всем мире. По данным независимого общества по охране жизни, имущества и окружающей среды DNV, за последние три года в этой отрасли произошло 2050 аварий, в основном в нефтепереработке и нефтехимии (1800). Анализ статистических данных Всероссийского научно-исследовательского института противопожарной обороны (ВНИИПО) показывает, что 50 % возгораний на предприятиях нефтегазовой отрасли происходит из-за неисправностей электрооборудования и перерывов электроснабжения. На рисунке 1 представлен анализ статистической информации по пожарам на предприятиях нефтегазовой отрасли, возникших по электротехническим причинам, на территории Российской Федерации в период с 1997 г. по 2009 г. (данные ВНИИПО) [1, 2].

В современных условиях задача обеспечения промышленной безопасности предприятий нефтегазовой отрасли требует формирования единого подхода к предупреждению аварий и инцидентов, связанных с отказом электрооборудования, и к повышению эффективности производства, также зависящего от технического состояния оборудования. Для обеспечения надежности и безопасности в настоящее время используется планово-предупредительная система обслуживания и ремонта электрооборудования, которая существенно уменьшает вероятность аварий, но не может гарантировать безаварийную работу оборудования в межремонтный период.

Вероятность выхода из строя оборудования увеличивается за счет переборки, нарушающих приработку узлов и ускоряющих их износ. При переходе на более эффективную систему обслуживания и ремонта по техническому состоянию необходимо применение методов и средств оценки технического состояния и прогнозирования ресурса безопасной эксплуатации оборудования. Для решения этой задачи необходимо использовать интегральные параметры, позволяющие идентифицировать текущее техническое состояние и прогнозировать остаточный ресурс, как отдельных экземпляров электрооборудования, так и предприятия нефтегазовой отрасли в целом [3].

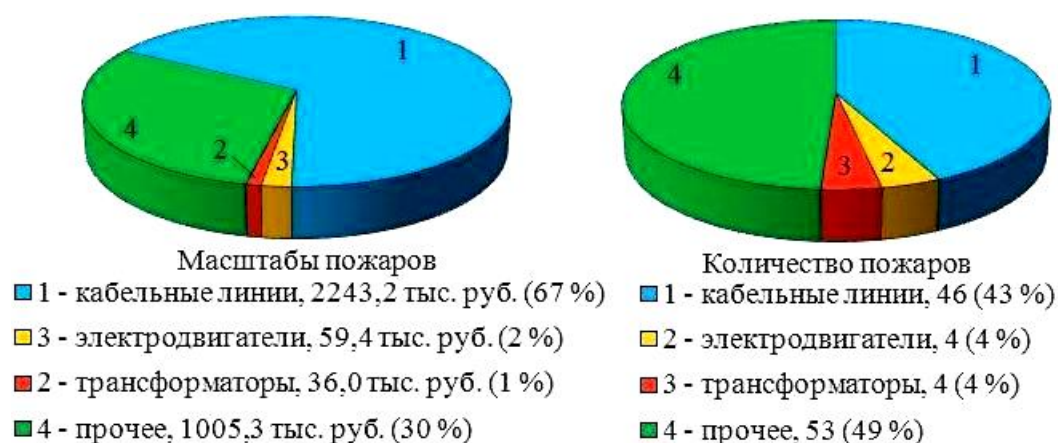


Рисунок 1 – Пожары, возникшие по электротехническим причинам, на предприятиях нефтегазовой отрасли на территории Российской Федерации (данные ВНИИПО за период с 1997 г. по 2009 г.)

В результате исследований выявлена взаимосвязь технического состояния электрооборудования с частотными характеристиками и параметрами генерируемых двигателем электропривода высших гармонических составляющих токов и напряжений [3, 4]. В качестве интегрального параметра, характеризующего техническое состояние электрооборудования, использован Фурье-образ, формируемый высшими гармоническими составляющими токов и напряжений, генерируемых электрооборудованием. Для оценки технического состояния электрооборудования предлагается использовать коэффициенты искажения кривых тока  $K_{I(k)}$  и напряжения  $K_{U(k)}$ . Диагностический параметр  $D$ , основанный на использовании коэффициентов искажения кривых тока  $K_{I(k)}$ , позволяет идентифицировать вид конкретного дефекта [4]

$$D = f K_{I_k} = f w_1 K_{I_1} + w_2 K_{I_2} + w_3 K_{I_3} + \dots \quad (1)$$

Уровень накопления поврежденности оценивается параметром

$$P_t = 20 \lg \left( I_1 / \sqrt{\sum_{k=1}^n I_k^2} \right) \quad (2)$$

Для оценки ресурса электрооборудования предложен параметр  $P^*(t)$  [3, 4]

$$P_t^* = f P_t = f w_1 P_{t1} + w_2 P_{t2} + w_3 P_{t3} + \dots \quad (3)$$

При использовании дополнительных параметров – коэффициентов искажения кривых напряжения  $K_{U(k)}$  и углов сдвига по фазе между соответствующими гармоническими составляющими токов и напряжений, достоверность оценки технического состояния и прогнозирования ресурса оборудования существенно повышается. Задача распознавания вида конкретного дефекта, определения общего технического состояния и прогнозирования ресурса безопасной эксплуатации электрооборудования решается на основе использования искусственной нейронной сети. В соответствии с вышеизложенным, составлены алгоритмы идентификации технического состояния и прогнозирования ресурса безопасной эксплуатации оборудования [4].

Для повышения безопасности нефтегазовых производств и точности прогноза электропотребления в условиях работы на НОРЭМ (новый оптовый рынок электроэнергии и мощности), с учетом технического состояния электрооборудования, предлагается создание системы автоматизации управления техническим состоянием нефтегазового оборудования, основанной на SCADA-системе TRACE MODE 6, автоматизированной системе диспетчерского контроля и управления «Нева», автоматизированных системах коммерческого (АИИС КУЭ) и технического учета электроэнергии (АИИС ТУЭ), и технических средствах сбора первичной информации о техническом состоянии электрооборудования (датчиках фирм «VEGA», «Альбатрос», «Yokogawa») [1, 2, 3].

Таким образом, применение системы автоматизации позволяет осуществлять регулярный мониторинг технического состояния, режимов работы, эффективности использования оборудования и энергетических ресурсов, выявлять неисправности и отслеживать динамику их развития, прогнозировать остаточный ресурс, повысить точность прогнозирования электропотребления, тем самым повысить безопасность и эффективность эксплуатации оборудования добычи, транспорта и переработки нефти и газа, осуществить переход на систему обслуживания и ремонта оборудования по фактическому техническому состоянию.

### Список литературы

1 Баширов, М. Г. Система автоматизации управления техническим состоянием технологического оборудования нефтегазовых производств / М.Г. Баширов, Р.Н. Бахтизин, Э.М. Баширова, И.С. Миронова // Нефтегазовое дело: электронный научный журнал. – 2011. – № 3. – С. 26 - 40. – URL: [http://www.ogbus.ru/authors/Bashirov/Bashirov\\_4.pdf](http://www.ogbus.ru/authors/Bashirov/Bashirov_4.pdf).

2 Бахтизин, Р. Н. Разработка системы автоматизированного управления техническим состоянием технологического оборудования нефтегазовых производств / Р.Н. Бахтизин, Э.М. Баширова, И.С. Миронова // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2011. – № 4. – С. 27 - 31.

3 Миронова, И. С. Интегральные параметры для оценки технического состояния двигателей электропривода машинных агрегатов нефтегазовых производств / И.С. Миронова, М.Г. Баширов, Э.Ф. Касимова // Современные проблемы науки и образования: электронный научный журнал. – 2011. – № 3. – URL: <http://www.science-education.ru/97-4667>.

4 Шикунов, В. Н. Обеспечение безопасности технологических процессов нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств при повреждениях в электроэнергетической системе предприятия // Нефтегазовое дело: научно-технический журнал. Т. 6. – 2008. – № 1. – С. 181 - 188.